

Aplikasi gelombang ultrasonik untuk pengukuran tingkat kekasaran permukaan beton

Heri Sugito, Suryono, dan Diana Layla Riskawati

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro

Email : heri_fisika_undip@yahoo.co.id

ABSTRACT

The measurement of surface roughness level of matter was done by ultrasonic wave Time-of-Flight method. The device can be applied to several requirement, such as roughness detection for textile product, sandpaper, asbestos, ceramics, steel and metal industry, etc. The measurement is needed for quality product improvement. The measurement performed by scanning object which rotated 200 times with stepper motor using ultrasonic transducer. The transducer transmit pulse to object through transmitter and receiver pulse. The result of scanning displayed in Cathode Ray Oscilloscope (CRO) then it used to estimating ToF (Time-of-Flight) by calculating the gap between transmitter pulse and receiver pulse. The objects which measured are tree trunk, concrete A, and concrete B. The reason of selecting the test object is for minimize the attenuation so it can increase the reflection. The result of measurement for average surface roughness of objects are: tree trunk (R_a is minimum 8%, and R_a is maximum 17%), concrete A (R_a is minimum 10%, and R_a is maximum 16%), and concrete B (R_a is minimum 8%, and R_a is maximum 17%).

Keywords: *surface Roughness, ultrasonic wave, Time-of-Flight*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian aplikasi gelombang ultrasonik untuk pengukuran tingkat kekasaran permukaan benda menggunakan. Gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk berbagai keperluan antara lain pendeteksi kekasaran pada produk tekstil, amplas, asbes, keramik, industri baja dan logam, dan lain-lain. Pengukuran ini diperlukan dalam meningkatkan kualitas produk. Metode yang digunakan adalah Time-of-Flight gelombang ultrasonik. Pengukuran dilakukan dengan memayarkan benda yang diputar sebanyak 200 putaran menggunakan motor stepper dengan memanfaatkan transduser ultrasonik. Benda yang digunakan sebagai bahan uji yaitu beton. Alasan dipilihnya benda uji ini adalah untuk memperkecil atenuasi sehingga akan memperbesar pantulannya. Transduser akan memancarkan pulsa ke benda melalui pulsa transmitter dan receiver. Hasil dari pemayaran ditampilkan pada CRO (Cathode Ray Oscilloscope) yang digunakan untuk menghitung ToF (Time-of-Flight). Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil rata-rata kekasaran permukaan dari pemayaran profil kekasaran beton : beton A (R_a minimum 10%, dan R_a maksimum 16%), dan beton B (R_a minimum 8%, dan R_a maksimum 17%).

Kata Kunci: *kekasaran permukaan, gelombang ultrasonik, Time-of-Flight*

PENDAHULUAN

Kekasaran permukaan mempunyai peranan penting dalam menentukan proses kualitas untuk memastikan bahwa produk yang dibuat sesuai dengan standarnya. Disamping itu, pengukuran kekasaran dapat menunjukkan tingkat kerusakan suatu sistem, diantaranya:

penyumbatan, korosi dan retakan pada suatu produk [1].

Metode pengukuran kekasaran dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik terjadi melalui interaksi antara besaran gelombang ultrasonik (*Time-of-Flight*) dengan suatu medium. Metode semacam ini dikenal dengan nama *ultrasonic ranging*. Prinsip pengukuran

jarak menggunakan *ultrasonic ranging* adalah dengan menghitung tundaan waktu antara pengiriman pulsa ultrasonik dengan diterimanya kembali pantulan gelombang ultrasonik tersebut [2]. Dalam penelitian ini transduser ultrasonik digunakan untuk mengukur tingkat kekasaran secara relatif dengan memanfaatkan sifat pantulan yang dimiliki.

Tranduser Ultrasonik

Gelombang ultrasonik dapat dibangkitkan oleh sebuah kristal tipis bersifat piezoelektrik yang terbuat dari bahan alam kuarsa, garam *Rochelle* atau *tourmaline*. Peralatan piezoelektrik secara langsung mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Pada saat tegangan masukan dikenakan pada bagian keramik menyebabkan keramik tersebut meregang dan memancarkan gelombang ultrasonik. Dan karena piezoelektrik merupakan sebuah fenomena reversibel maka ketika gelombang ultrasonik datang menekan bagian keramik, keramik tersebut dapat membangkitkan tegangan [3].

Profil Kekasaran Permukaan

Konsep kekasaran saat ini mempertimbangkan faktor seperti contoh interval ukuran dan benda uji (Amaral dan Chong, 2002). Parameter tingkat kekasaran permukaan adalah tingkat kekasaran rata-rata (R_a), parameter ini paling sering digunakan sebagai parameter akhir oleh para peneliti dan di dalam industri. Persamaan (1) menyatakan nilai absolut rata-rata dari tingkat kekasaran rata-rata.

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n} \quad (1)$$

Dengan, y_i adalah tingkat kekasaran dari tiap tingkat kekasaran rata-rata, dan n adalah jumlah pengambilan data. Keistimewaan bentuk permukaan yang disebut rata-rata tingkat keabuan G_a , digunakan untuk memprediksi ketajaman tingkat kekasaran.

Tingkat kekasaran rata-rata dituliskan pada Persamaan (2).

$$G_a = \frac{\sum_{i=1}^n (|g_i - g_m|)}{n} \quad (2)$$

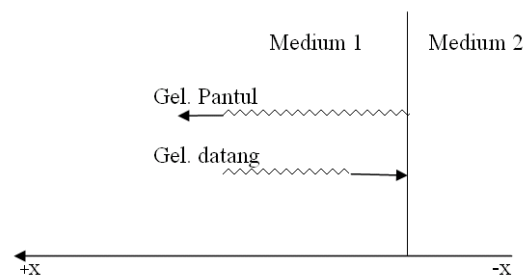
dengan $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ adalah nilai tingkat keabuan dari suatu bentuk permukaan disepanjang satu garis lurus, dan g_m , merupakan rata-rata nilai tingkat kekasaran yang dirumuskan pada Persamaan (3).

$$g_m = \frac{\sum_{i=1}^n (g_i)}{n} \quad (3)$$

Tingkat kekasaran rata-rata G_a dihitung pada seluruh permukaan setelah gambar bentuk permukaannya didapat [1].

Refleksi

Pada ultrasonik, citra dihasilkan melalui berkas suara yang direfleksikan. Berkas gelombang yang dipancarkan tidak memperbesar apapun pada formasi citra, tapi transmisi harus cukup kuat menghasilkan gema-gema ditingkat yang lebih dalam. Prosentase suara yang direfleksikan di antara muka jaringan yang tergantung pada impedansi.



Gambar 1. Refleksi gelombang dari pembatas [5]

Impedansi adalah hasil kali kerapatan dan kecepatan suara dalam materi. Impedansi akustik merupakan sifat dasar materi atau zat, dalam satuan cgs didefinisikan sebagai $\text{gram/cm}^2 \text{det} \times 10^{-5}$ [6].

$$Z = \rho c \quad (5)$$

dengan Z adalah impedansi akustik, ρ adalah densitas, dan c adalah kecepatan suara pada medium.

Proses refleksi ditunjukkan pada Gambar 1. Jika berkas suara membentur permukaan medium, refleksifitas yang diberikan dituliskan pada Persamaan (6) [5].

$$R = \left[\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right] \quad (6)$$

dengan R adalah refleksifitas, Z_1 adalah impedansi akustik medium 1 ($\rho_1 c_1$), Z_2 adalah impedansi akustik medium 2 ($\rho_2 c_2$), sehingga Persamaan (6) dituliskan menjadi:

$$R = \left[\frac{\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1}{\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1} \right] \quad (7)$$

Gelombang Suara di Dalam Material Padat

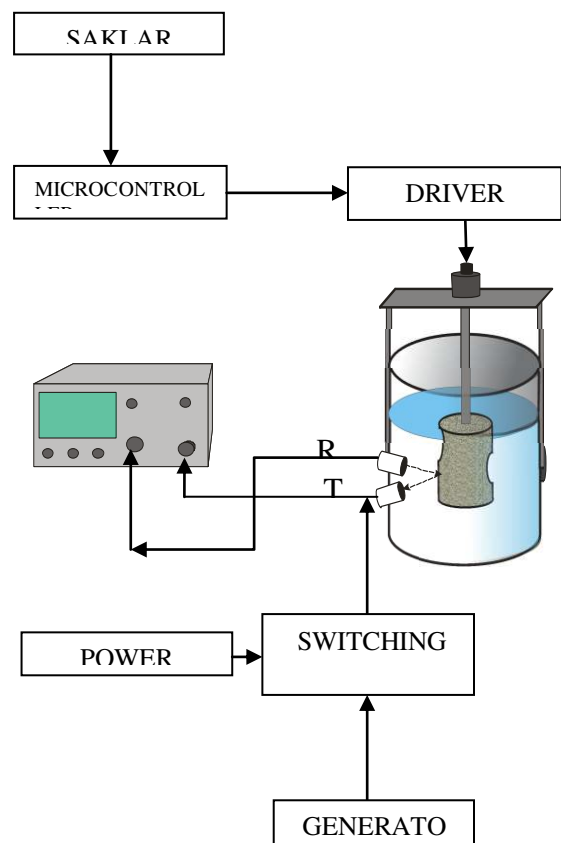
Bentuk paling umum gelombang bunyi terjadi dalam medium udara dimana molekul-molekul bergerak merapat-merenggang dalam arah yang sama dengan arah kecepatan rambat gelombang bunyi. Molekul-molekul dalam batang padatan juga demikian. Ketika molekul-molekul berpindah maka terjadi pertambahan dan pengurangan densitas yang bersesuaian dengan rapatan-regangan seperti halnya gelombang longitudinal dalam pegas [7].

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data yang tercatat langsung dari hasil pengukuran. Parameter yang digunakan dalam penelitian yaitu tinggi benda kerja berupa bahan padat dan variasi dari sampel bahan. Dari pengukuran tersebut data yang diperoleh yaitu data ToF (*Time-of-Flight*) yang merupakan jarak sejak dipancarkan *transmitter* ultrasonik hingga diterima *receiver* ultrasonik. Nilai kekasaran dihitung dari ToF data pengukuran.

Pada penelitian ini digunakan transduser jenis *immersion transducer* dengan frekuensi 1 MHz yang dibangkitkan menggunakan pembangkit gelombang pulsa. Gelombang ultrasonik yang dibangkitkan menjalar pada medium yang dilalui, memantul

pada benda pembatas dan mengaktifkan transduser penerima. Pengukuran dilakukan dengan memayar benda yang diputar sebanyak 200 putaran menggunakan motor stepper dengan memanfaatkan transduser ultrasonik. Benda yang digunakan sebagai bahan uji yaitu beton. Alasan dipilihnya benda uji ini adalah untuk memperkecil atenuasi sehingga akan memperbesar pantulannya. Transduser akan memancarkan pulsa ke benda melalui pulsa transmitter dan receiver. Hasil dari pemayaran ditampilkan pada CRO (*Cathode Ray Oscilloscop*) yang digunakan untuk menghitung ToF.



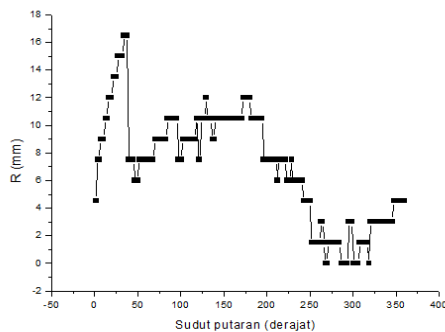
Gambar 2. Set-up eksperimen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekasaran pada Beton A untuk 1 Line

Hasil penghitungan kekasaran pada beton A untuk 1 line pengukuran ditunjukkan

pada Gambar 3. Hasil penyamaran (*scanner*) tidak rata. Pada sudut 36° teridentifikasi sebagai permukaan objek yang paling kasar yang ditunjukkan oleh puncak grafik yang tajam. Pada sudut 50° sampai 250° menunjukkan permukaan yang kurang kasar, pada grafik terlihat lonjakan yang tidak signifikan. Sedangkan, 250° - 360° terlihat lonjakan yang sedikit sehingga permukaan dianggap licin.



Gambar 3. Hasil penghitungan kekasaran pada beton A untuk 1 line

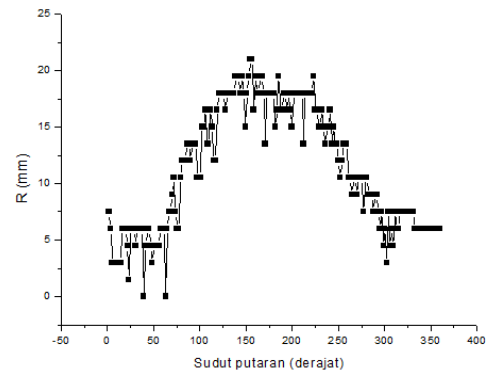
Kekasaran pada Beton B untuk Line 1

Hasil penghitungan kekasaran pada beton B untuk 1 line pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4 bahwa hasil penyamaran (*scanner*) tidak rata atau sangat kasar. Pada setiap kenaikan derajatnya terjadi perubahan lonjakan yang hampir sama dan tidak terlalu jauh. Saat sudut 0° - 60° benda (profil) menunjukkan perubahan yang tidak signifikan sehingga permukaan ini dianggap rata.

KESIMPULAN

Aplikasi gelombang ultrasonik untuk pengukuran tingkat kekasaran beton diujikan pada beton A dan beton B. Tingkat kekasaran beton A adalah 2,5 mm dengan R_a minimal pada 0,6 mm dan R_a maksimum pada 5,6 mm. Beton B memiliki tingkat kekasaran rata-rata 2,3 mm dengan R_a minimal pada 0,1 mm dan R_a maksimum pada 7,7 mm. Tingkat kekasaran relatif yang paling tinggi pada

eksperimen ini adalah sampel beton B yaitu 2,3 mm.



Gambar 4. Kekasaran pada beton B untuk 1 line

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kumar, R. (2005) *Application of digital image magnification for surface roughness evaluation using machine vision*, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Hal. 228–234
- [2] Schreiber, R. (2002) *Implementing Ultrasonic Ranging*, <http://www.microchip.com/AN597.html>.
- [3] Fraden, J. (1996) *Handbook of Modern Sensors*, New York.
- [4] Amaral, R. dan Chong, H. (2002) *Surface Roughness*, <http://www.sjsu.edu/surface.pdf>
- [5] Aston, R. (1990) *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*, Merrill, an imprint of Macmillan Publishing Company, New York.
- [6] Curry, T.S. (1984) *Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology*, Third Edition Lea & Febiger, Philadelphia USA
- [7] Hirose, Akira dan Lonngren, Karl E., 1985, *Introduction to Wave Phenomena*, Canada